v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

CARNE PSE EM SUÍNOS NO BRASIL: REVISÃO DOS LEVANTAMENTOS, CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO E FATORES ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA

PSE PORK IN BRAZIL: A REVIEW OF OCCURRENCE, CLASSIFICATION CRITERIA, AND ASSOCIATED FACTORS

CARNE PSE EN CERDOS EN BRASIL: REVISIÓN DE LA OCURRENCIA, CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN Y FACTORES ASOCIADOS

Miriam de Andrade Pereira[1], Rafaella Davilla Milioreli Araujo[2], Maria Clara Fráguas Caetano[2], Letícia Carvalho de Sá Souza[2], Larissa Oliveira Souza[3], Bruna Rafaela Emiliane Lana[4], Marielle Maria de Oliveira Paula[5], Amanda Camilo Graciano[6]

e788817
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8817

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

A carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*) é um importante defeito de qualidade da carne suína, caracterizado por coloração pálida, textura mole e baixa capacidade de retenção de água, comprometendo o rendimento da carne *in natura* e suas propriedades tecnológicas, além de gerar prejuízos econômicos para a cadeia produtiva. Diante desse cenário, esta revisão teve como objetivo analisar os levantamentos brasileiros sobre a ocorrência de carne PSE, comparando os critérios de classificação, os parâmetros avaliados e os principais fatores pré-abate associados. Foram analisados nove estudos publicados entre 1994 e 2023. Os trabalhos utilizaram principalmente o pH inicial (pH45) e o pH final (pH24), este último associado à luminosidade (*L**), além de escalas visuais de cor. A ocorrência de carne PSE variou de 6,87% a 28,16%, e os principais fatores associados foram o período de descanso, o tempo de transporte, o jejum, o sexo, o peso dos animais e as condições térmicas. As diferenças metodológicas quanto aos critérios de classificação, aos músculos avaliados e aos momentos de análise evidenciam a necessidade de padronização para permitir comparações mais precisas entre os levantamentos nacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores pré-abate. Luminosidade. pH. PSE. Qualidade da carne suína.

ABSTRACT

PSE (Pale, Soft, and Exudative) meat is a major pork quality defect characterized by pale color, soft texture, and low water-holding capacity, compromising fresh pork yield and technological properties and causing economic losses throughout the production chain. In this context, this review aimed to analyze Brazilian surveys on the occurrence of PSE pork by comparing classification criteria, evaluated parameters, and the main associated pre-slaughter factors. Nine studies published between 1994 and 2023 were analyzed. The studies mainly used initial pH (pH45) and ultimate pH (pH24), the latter in association with lightness (L), as well as visual color scales. The occurrence of PSE pork ranged from 6.87% to 28.16%, and the main associated factors were lairage duration, transport time, fasting, sex, animal weight, and thermal conditions. Methodological differences in classification criteria, muscles evaluated, and assessment times highlight the need for standardization to enable more accurate comparisons among Brazilian surveys.*

[1] Doutoranda em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
[2] Graduada em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário de Lavras (Unilavras).
[3] Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).
[4] Mestranda em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
[5] Doutora em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
[6] Mestranda em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

KEYWORDS: *Lightness. pH. Pork quality. Pre-slaughter factors. PSE.*

RESUMEN
La carne PSE (Pale, Soft and Exudative; pálida, blanda y exudativa) constituye un importante defecto de calidad de la carne de cerdo, caracterizado por una coloración pálida, textura blanda y baja capacidad de retención de agua, lo que compromete el rendimiento de la carne fresca y sus propiedades tecnológicas, además de generar pérdidas económicas para la cadena productiva. Ante este escenario, esta revisión tuvo como objetivo analizar los estudios brasileños sobre la ocurrencia de carne PSE, comparando los criterios de clasificación, los parámetros evaluados y los principales factores asociados al período previo al sacrificio. Se analizaron nueve estudios publicados entre 1994 y 2023. Los estudios utilizaron principalmente el pH inicial (pH45) y el pH final (pH24), este último asociado con la luminosidad (L), además de escalas visuales de color. La ocurrencia de carne PSE varió del 6,87% al 28,16%, y los principales factores asociados fueron el período de descanso, el tiempo de transporte, el ayuno, el sexo, el peso de los animales y las condiciones térmicas. Las diferencias metodológicas relacionadas con los criterios de clasificación, los músculos evaluados y los momentos de análisis evidencian la necesidad de estandarización para permitir comparaciones más precisas entre los estudios brasileños.*

PALABRAS CLAVE: *Calidad de la carne de cerdo. Factores pre-sacrificio. Luminosidad. pH. PSE.*

1. INTRODUÇÃO

A carne suína representa uma das principais proteínas de origem animal consumidas mundialmente e apresenta grande importância econômica para a cadeia agroindustrial, tanto pela comercialização da carne *in natura* quanto pela elaboração de produtos processados (OECD; FAO, 2024). Nesse contexto, a qualidade da matéria-prima constitui um fator determinante para o rendimento industrial, a eficiência dos processos tecnológicos e a redução de perdas econômicas ao longo da cadeia produtiva (Huff-Lonergan; Lonergan, 2005).

A qualidade da carne suína é influenciada pelas transformações pós-morte, que podem resultar em carne normal (RFN – *Reddish, Firm and Non-exudative*) ou em anomalias, como PSE (*Pale, Soft and Exudative*) e DFD (*Dark, Firm and Dry*). Essas categorias apresentam diferenças físico-químicas, sensoriais e tecnológicas que afetam o aproveitamento da matéria-prima e seu desempenho na indústria de alimentos (Warner; Kauffman; Greaser, 1997).

Entre essas alterações, a condição PSE destaca-se por sua relevância econômica e caracteriza-se por coloração pálida, textura flácida e elevada exsudação. Sua formação decorre da rápida redução do pH muscular após o abate, enquanto a temperatura da carcaça permanece elevada, em razão da aceleração da glicólise pós-morte e do acúmulo de ácido lático. Esse processo favorece a desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, reduzindo a capacidade de retenção de água e comprometendo a aparência da carne, o rendimento e o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desempenho tecnológico durante o processamento industrial, com consequentes prejuízos para a cadeia produtiva (Warner; Kauffman; Greaser, 1997; Huff-Lonergan; Lonergan, 2005).

No Brasil, diversos estudos têm investigado a ocorrência de carne PSE em suínos. Entretanto, as estimativas de incidência apresentam ampla variação em razão das diferenças entre os sistemas de produção, as condições de manejo pré-abate, os músculos avaliados e, principalmente, os critérios empregados para classificação. Enquanto alguns levantamentos utilizam exclusivamente o pH inicial (pH45), mensurado aproximadamente 45 minutos após o abate, outros consideram parâmetros complementares, como o pH final (pH24), determinado cerca de 24 horas após o abate, a luminosidade (*L**), as demais coordenadas de cor e a capacidade de retenção de água (CRA). Essa diversidade metodológica dificulta a comparação direta entre os resultados disponíveis. Além disso, a ausência de padronização limita a interpretação das diferenças encontradas entre os estudos e a identificação dos principais fatores associados ao desenvolvimento desse defeito.

Dessa forma, esta revisão narrativa teve como objetivo reunir, organizar e discutir os levantamentos brasileiros sobre a ocorrência de carne PSE, comparando os critérios de classificação utilizados, os fatores avaliados e as estimativas de incidência, a fim de identificar convergências, divergências e lacunas no conhecimento e contribuir para uma melhor compreensão da ocorrência desse defeito na cadeia produtiva suinícola nacional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*) desenvolve-se em decorrência da rápida glicólise anaeróbia pós-morte, com acentuado acúmulo de ácido lático e queda do pH enquanto a musculatura ainda se encontra em elevada temperatura. Esse processo, mais intenso em animais submetidos ao estresse pré-abate e/ou geneticamente predispostos, favorece a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares e modifica a estrutura muscular. Como consequência, ocorre maior dispersão da luz, responsável pela coloração pálida, além de textura flácida, baixa capacidade de retenção de água (CRA) e elevada exsudação. Essas alterações comprometem a qualidade da carne *in natura*, o rendimento industrial e o desempenho tecnológico dos produtos cárneos (Warner; Kauffman; Greaser, 1997; Huff-Lonergan; Lonergan, 2005; Cazedey *et al.*, 2016; Trevisan; Brum, 2020).

A ocorrência da carne PSE resulta da interação entre fatores pré e pós-abate. Embora o manejo pré-abate exerça influência predominante, fatores pós-abate, como a temperatura da carcaça nas primeiras horas e a velocidade de resfriamento, também modulam a interação entre

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a queda do pH e a temperatura muscular, favorecendo ou reduzindo a manifestação do defeito (Huff-Lonergan; Lonergan, 2005).

Entre os fatores pré-abate, destacam-se o transporte, o período de descanso, a duração do jejum, a temperatura ambiente, as condições das instalações, a mistura de lotes e o manejo dos animais. Esses fatores influenciam a resposta fisiológica ao estresse, alteram o metabolismo muscular e aceleram a glicólise pós-morte, aumentando a probabilidade de desenvolvimento da carne PSE (Santiago *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

O transporte é considerado uma das principais fontes de estresse, envolvendo fatores como carregamento, descarregamento, duração da viagem, densidade de carregamento, condições ambientais e mistura de lotes. Essas condições favorecem o aumento das interações agonísticas entre os animais e da resposta fisiológica ao estresse. Entretanto, o efeito do transporte depende da interação entre seus diferentes componentes, de modo que tanto viagens curtas quanto longas podem aumentar a incidência de carne PSE quando associadas a condições inadequadas de manejo (Grandin, 2010; Machado *et al.*, 2014; Marzoque *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2023).

Após o transporte, o período de descanso contribui para a recuperação parcial do metabolismo muscular e para a redução dos efeitos do estresse. No entanto, sua eficiência depende da duração, uma vez que períodos muito curtos podem ser insuficientes para a recuperação dos animais, enquanto intervalos prolongados podem favorecer o consumo das reservas energéticas musculares. De forma semelhante, o jejum pré-abate influencia o metabolismo energético e a qualidade da carne, sendo seus efeitos dependentes da interação com fatores como transporte, genética, manejo e condições ambientais (Santiago *et al.*, 2012; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

As condições ambientais, especialmente temperaturas elevadas, também exercem influência importante sobre a ocorrência da carne PSE. O estresse térmico, associado ao transporte, ao período de descanso e às condições das baias de espera, intensifica as alterações metabólicas relacionadas à rápida glicólise pós-morte, comprometendo a qualidade da carne (Santiago *et al.*, 2012; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

Além dos fatores ambientais e de manejo, características inerentes aos animais influenciam sua susceptibilidade ao desenvolvimento da carne PSE. Fatores como genótipo, linhagem, sexo, condição sexual, peso ao abate e categoria podem modificar o metabolismo muscular e a velocidade da glicólise pós-morte. Entre os fatores genéticos, destaca-se a mutação no gene *RYR1* (gene halotano), associada à maior susceptibilidade ao estresse e ao

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desenvolvimento da condição PSE. Estudos brasileiros demonstram que fatores genéticos e produtivos interagem com as condições ambientais, modificando as propriedades físico-químicas da carne (Culau *et al.*, 2002; Angerami, 2004; Bridi *et al.*, 2006; Santiago *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

A avaliação da carne PSE baseia-se principalmente em parâmetros relacionados ao metabolismo pós-morte e às propriedades físico-químicas da carne. O pH inicial (pH45) é utilizado como indicador da velocidade da glicólise e da acidificação muscular, sendo valores de pH45 ≤ 5,8 ou < 5,9 frequentemente associados à condição PSE. O pH final (pH24) indica a extensão da acidificação pós-morte e, quando permanece elevado, pode caracterizar a condição DFD (Honikel, 1998; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

Além do pH, a luminosidade (*L**) constitui um importante indicador da carne PSE, uma vez que a desnaturação proteica promove maior dispersão da luz e confere aspecto mais pálido à superfície muscular. Outros parâmetros frequentemente utilizados incluem a capacidade de retenção de água (CRA), avaliada por perdas por exsudação, gotejamento, pressão em papel filtro e perda por cocção, bem como os parâmetros de cor (*a** e *b**), condutividade elétrica, Valor-R e marcadores sanguíneos relacionados ao estresse, como glicose, lactato, creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase.

Apesar da ampla utilização desses parâmetros, ainda não existe consenso quanto aos critérios para classificação da carne PSE. Os valores de referência variam entre países, instituições de pesquisa e estudos individuais, dificultando a comparação dos resultados e a estimativa da real ocorrência desse defeito. Na prática, entretanto, a classificação da carne PSE permanece baseada principalmente na associação entre pH, parâmetros de cor e CRA (Van Laack *et al.*, 1991; Honikel, 1998; Huff-Lonergan; Lonergan, 2005; Śmiecińska *et al.*, 2011; Cazedey *et al.*, 2016; Qu *et al.*, 2017; Torres Filho *et al.*, 2018).

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura com o objetivo de reunir e discutir estudos brasileiros sobre a ocorrência de carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*) em suínos e os principais fatores associados ao seu desenvolvimento, especialmente aqueles relacionados ao manejo pré-abate.

A busca bibliográfica foi conduzida no Google Scholar, no Portal de Periódicos CAPES e na SciELO, contemplando artigos científicos, teses, dissertações, trabalhos publicados em anais de congressos e simpósios e trabalhos de conclusão de curso (TCC).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Foram utilizados descritores e combinações de palavras-chave em português e inglês, incluindo: “carne PSE suína”, “PSE suíno Brasil”, “*PSE pork*”, “*PSE swine*”, “*pale soft exudative pork*”, “qualidade da carne suína”, “*pork meat quality*”, “manejo pré-abate de suínos”, “*pre-slaughter management of pigs*”, “estresse pré-abate”, “*pre-slaughter stress*”, “transporte de suínos”, “*pig transport*”, “tempo de descanso pré-abate”, “*pre-slaughter resting time*”, “pH45”, “luminosidade (*L**)” e “fatores associados à carne PSE”.

A seleção dos estudos foi realizada por meio da leitura dos títulos e resumos, seguida da avaliação do texto completo dos trabalhos considerados potencialmente relevantes. Foram incluídos estudos publicados entre 1994 e 2023, período compreendido entre o primeiro levantamento brasileiro identificado sobre a ocorrência de carne PSE em suínos (Culau *et al.*, 1994) e o estudo nacional mais recente disponível.

Foram considerados elegíveis os estudos realizados com suínos abatidos no Brasil que investigaram a ocorrência de carne PSE ou fatores relacionados ao seu desenvolvimento e apresentaram informações sobre parâmetros de qualidade da carne, como pH inicial (pH45), pH final (pH24), luminosidade (*L**), classificação PSE ou outras variáveis relacionadas ao manejo pré-abate, bem como dados quantitativos sobre ocorrência, fatores de risco ou características das carcaças. Foram excluídos estudos conduzidos exclusivamente com outras espécies animais, pesquisas internacionais sem dados referentes à realidade brasileira e trabalhos que não avaliaram a qualidade da carne suína ou não descreveram claramente os critérios empregados para a identificação da carne PSE.

Jacinto (2017) não foi incluído entre os levantamentos selecionados por não descrever claramente se a classificação das carnes PSE, DFD e normais foi baseada no pH, na luminosidade (*L**), na perda de água ou na combinação desses parâmetros, o que limita a reprodução do método e a comparação com os demais estudos. O trabalho foi utilizado apenas como referência complementar na discussão sobre transporte, jejum e descanso pré-abate.

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados nove estudos brasileiros: Culau *et al.* (1994), Maganhini *et al.* (2007), Barbosa e Silva (2012), Santiago *et al.* (2012), Machado *et al.* (2014), Simer (2015), Marzoque *et al.* (2020), Trevisan e Brum (2020) e Souza *et al.* (2023). Foram extraídas informações referentes ao local e ao ano de realização, ao número e ao tipo de unidades avaliadas, aos critérios de classificação, aos parâmetros físico-químicos, à ocorrência de carne PSE e aos principais fatores associados, incluindo transporte, descanso pré-abate, jejum, características dos animais e condições ambientais. Os dados foram organizados de forma descritiva e comparativa, o que permitiu discutir as diferenças

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

metodológicas entre os estudos e a influência dessas diferenças sobre as estimativas de ocorrência de carne PSE no Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos levantamentos brasileiros sobre carne PSE

Os levantamentos brasileiros diferiram quanto ao tamanho amostral, aos parâmetros de avaliação e aos critérios de classificação da carne PSE, conforme apresenta o Quadro 1.

Os levantamentos brasileiros sobre a ocorrência de carne PSE foram realizados de forma descontínua ao longo das últimas décadas, com predominância de estudos pontuais e restritos a períodos específicos. O primeiro levantamento nacional foi conduzido por Culau *et al.* (1994), entre novembro de 1992 e agosto de 1993, contemplando as quatro estações do ano para avaliar o efeito da sazonalidade sobre a ocorrência de carne PSE. O estudo envolveu quatro frigoríficos comerciais, avaliados em quatro períodos distintos (16 visitas no total), e constitui o levantamento de maior abrangência temporal e espacial identificado. Barbosa e Silva (2012) realizaram cinco visitas entre agosto de 2006 e agosto de 2007 em três frigoríficos. Santiago *et al.* (2012) conduziram três avaliações entre maio e dezembro de 2009; Machado *et al.* (2014) analisaram dados coletados entre maio de 2009 e julho de 2010; Trevisan e Brum (2020) realizaram a avaliação em setembro de 2017; Marzoque *et al.* (2020) conduziram o levantamento entre novembro de 2018 e janeiro de 2019; e Souza *et al.* (2023) avaliaram a ocorrência de carne PSE entre dezembro de 2021 e fevereiro de 2022. Maganhini *et al.* (2007) e Simer (2015) não informaram o período de coleta.

Quadro 1. Levantamentos brasileiros sobre a ocorrência de carne PSE em suínos, critérios de avaliação e frequência observada

Autor(es)	Ano de publicação	Estado	Número e tipo de unidades avaliadas	Parâmetros avaliados e critério de classificação	Ocorrência de carne PSE (%)
Culau *et al.*	1994	Rio Grande do Sul	8.842 carcaças	pH45; classificação por pH45	28,16
Maganhini *et al.*	2007	Paraná	946 lombos	pH24 e cor instrumental (*L**, *a** e *b**); classificação por *L**	22,83
Barbosa e Silva	2012	Minas Gerais e Rio de Janeiro	862 carcaças	Escala visual NPPC, pH45, pH24 e temperatura; classificação pela escala visual NPPC	2,7; 10,6; 12,3[1]

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Santiago *et al.*	2012	Mato Grosso do Sul	2.128 carcaças	pH45; classificação por pH45	10,06
Machado *et al.*	2014	Mato Grosso do Sul	854 carcaças	pH45	8,07
Simer	2015	Paraná	89 lombos	pH24 e cor instrumental (*L**, *a** e *b**); classificação por *L**	14,0
Marzoque *et al.*	2020	Minas Gerais	725 carcaças	pH45; classificação por pH45	1 a 11[2]
Trevisan e Brum	2020	Paraná	1.038 carcaças	pH45; classificação por pH45	19,17
Souza *et al.*	2023	Minas Gerais	4.449 carcaças	pH45 e temperatura; classificação por pH45	6,87

Nota 1: Frequências informadas separadamente para os três frigoríficos; frequência conjunta calculada de aproximadamente 8,1%, não apresentada pelos autores.
Nota 2: Faixa observada nos lotes com ocorrência de PSE; em um dos lotes, a frequência foi de 0%.

A distribuição temporal dos levantamentos evidencia a ausência de avaliações contínuas ao longo dos anos, com intervalos prolongados entre os estudos e concentração das pesquisas em determinados períodos (Figura 1).

Figura 1. Distribuição geográfica, representatividade amostral e linha do tempo dos levantamentos brasileiros sobre carne PSE em suínos (1994–2023)



Fonte: Imagem gerada com auxílio do ChatGPT (OpenAI), sob orientação e revisão, 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os nove estudos identificados foram realizados em cinco estados, com concentração nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste (Figura 1). A Região Sul reuniu quatro levantamentos (44,4%), um no Rio Grande do Sul (Culau *et al.*, 1994) e três no Paraná (Maganhini *et al.*, 2007; Simer, 2015; Trevisan; Brum, 2020). Na Região Centro-Oeste, foram conduzidos dois estudos (22,2%), ambos em Mato Grosso do Sul (Santiago *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014).

A Região Sudeste concentrou três levantamentos (33,3%), um abrangendo frigoríficos de Minas Gerais e do Rio de Janeiro (Barbosa e Silva, 2012) e dois realizados em municípios mineiros, especificamente Patos de Minas (Marzoque *et al.*, 2020) e Lavras (Souza *et al.*, 2023). Não foram encontrados levantamentos publicados nas regiões Norte e Nordeste, o que evidencia uma lacuna geográfica na avaliação da ocorrência de carne PSE no Brasil.

Quanto à abrangência dos levantamentos, apenas Culau *et al.* (1994) e Barbosa e Silva (2012) avaliaram múltiplos frigoríficos, enquanto os demais estudos (77,8%) foram conduzidos em uma única unidade frigorífica, o que limita a extrapolação dos resultados para diferentes regiões, sistemas produtivos e condições de manejo pré-abate.

O tamanho amostral variou de 89 a 8.842 carcaças/amostras (Quadro 1), o que reflete diferenças no delineamento experimental, objetivos e abrangência dos estudos. O maior levantamento foi realizado por Culau *et al.* (1994), enquanto o menor tamanho amostral foi observado por Simer (2015). No conjunto dos nove estudos, foram avaliadas aproximadamente 19.933 carcaças/amostras suínas, distribuídas entre as regiões Sul (10.915; 54,8%), Sudeste (6.036; 30,3%) e Centro-Oeste (2.982; 15,0%) (Figura 1).

Embora levantamentos com maior número de animais e maior abrangência espacial tendam a representar melhor a variabilidade entre lotes e condições de manejo, a interpretação das estimativas de ocorrência de carne PSE deve considerar também diferenças metodológicas, como número de frigoríficos avaliados, o período de coleta, os músculos analisados e os critérios de classificação empregados, uma vez que esses fatores podem interferir diretamente na ocorrência do defeito (Warner; Kauffman; Greaser, 1997; Honikel, 1998). De modo geral, a ausência de monitoramentos contínuos e multicêntricos dificulta a avaliação da influência de fatores sazonais e ambientais sobre a ocorrência de carne PSE, reforçando a necessidade de levantamentos padronizados em diferentes períodos e regiões do país.

4.2. Estratégias metodológicas e critérios de classificação da carne PSE nos levantamentos brasileiros

Os levantamentos brasileiros utilizaram diferentes parâmetros para avaliar a qualidade da carne suína, incluindo pH inicial (pH45), pH final (pH24), temperatura da carcaça, cor

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

instrumental pelo sistema CIELAB (*L**, *a** e *b**) e coloração visual pela escala do National Pork Producers Council (NPPC). Também foram investigadas variáveis relacionadas ao manejo pré-abate, ao ambiente e às características dos animais. Entretanto, nem todos os parâmetros avaliados integraram diretamente os critérios de classificação da carne PSE.

O pH foi mensurado nos nove estudos analisados (100%), com diferenças quanto ao momento de avaliação, ao músculo analisado e aos valores de corte. O pH45 foi avaliado em sete estudos (77,8%): Culau *et al.* (1994), Barbosa e Silva (2012), Santiago *et al.* (2012), Machado *et al.* (2014), Marzoque *et al.* (2020), Trevisan e Brum (2020) e Souza *et al.* (2023). Em seis deles (66,7%), esse parâmetro foi utilizado como critério de classificação. Culau *et al.* (1994) adotaram pH45 < 5,90; Santiago *et al.* (2012), Machado *et al.* (2014) e Trevisan e Brum (2020), pH45 ≤ 5,8; Marzoque *et al.* (2020), pH45 < 5,8; e Souza *et al.* (2023), pH45 < 5,90. Barbosa e Silva (2012) também mensuraram o pH45, mas classificaram as carcaças pela coloração visual.

O pH24 foi mensurado por Maganhini *et al.* (2007), Barbosa e Silva (2012) e Simer (2015), o que corresponde a três estudos (33,3%). Maganhini *et al.* (2007) e Simer (2015) também avaliaram a cor instrumental pelo sistema CIELAB (*L**, *a** e *b**) e classificaram as carnes exclusivamente pela luminosidade, considerando *L** > 53 para PSE, *L** < 45 para DFD e valores intermediários para a classificação como carne normal. O pH24 e os componentes *a** e *b** foram utilizados apenas para caracterizar e comparar as categorias.

Em um dos nove estudos (11,1%), Barbosa e Silva (2012) avaliaram pH45, pH24, temperatura da carcaça e coloração visual. A classificação foi realizada exclusivamente pela escala de cor do NPPC, considerando-se o escore 2, correspondente à coloração rosa-pálida, como indicativo da condição PSE. Os valores de pH e temperatura foram utilizados como parâmetros complementares. Souza *et al.* (2023) também avaliaram a temperatura inicial das carcaças, mas utilizaram somente o pH45 como critério de classificação.

Além dos parâmetros de qualidade da carne, os levantamentos investigaram possíveis fatores associados à ocorrência do defeito. Culau *et al.* (1994) analisaram a sazonalidade; Barbosa e Silva (2012), as condições de transporte, descanso e resfriamento; Santiago *et al.* (2012), o sexo, o descanso e as condições térmicas ambientais; Machado *et al.* (2014), os tempos de transporte e descanso; Marzoque *et al.* (2020), a distância de transporte e o descanso; Trevisan e Brum (2020), os períodos de jejum, transporte e descanso; e Souza *et al.* (2023), a temperatura das carcaças e das baias, o jejum e o descanso. Essas variáveis foram analisadas como fatores associados, mas não constituíram critérios de classificação.

Quanto aos músculos avaliados, sete dos nove levantamentos (77,8%) utilizaram o *Longissimus dorsi* (lombo). Souza *et al.* (2023) avaliaram o *Semimembranosus*

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(semimembranoso), enquanto Barbosa e Silva (2012) realizaram as mensurações de pH e temperatura no *Semispinalis capitis*, localizado na região do pescoço.

Assim, seis estudos (66,7%) classificaram as carnes pelo pH45, dois (22,2%) pela luminosidade (*L**) e um (11,1%) pela escala visual de cor do NPPC. Embora o pH45 tenha sido o critério predominante por indicar precocemente a velocidade de queda do pH, seu uso isolado identifica principalmente carcaças predispostas ao defeito, sem confirmar todas as alterações tecnológicas da carne PSE. Uma caracterização mais abrangente requer sua associação com pH24, luminosidade, perda de água e capacidade de retenção de água. Além disso, diferenças metabólicas e estruturais entre os músculos podem influenciar os parâmetros avaliados e a manifestação do defeito (Warner; Kauffman; Greaser, 1997; Huff-Lonergan; Lonergan, 2005; Cazedey *et al.*, 2016; Torres Filho *et al.*, 2018).

4.3. Ocorrência de carne PSE nos levantamentos brasileiros

Os nove levantamentos incluídos nesta revisão apresentaram dados relacionados à ocorrência de carne PSE, embora nem todos tenham informado uma frequência geral. Barbosa e Silva (2012) apresentaram frequências separadas por frigorífico, enquanto Marzoque *et al.* (2020) organizaram os resultados conforme a distância de transporte.

Entre os levantamentos baseados no pH45, Culau *et al.* (1994) avaliaram 8.842 carcaças e identificaram 28,16% de carnes PSE. A ocorrência apresentou variação sazonal, passando de 21,01% na primavera para 26,77% no verão, 31,92% no outono e 32,97% no inverno. Santiago *et al.* (2012) identificaram 10,06% de carnes PSE entre 2.128 carcaças. A frequência correspondeu a 8,59% nas fêmeas, 8,49% nos machos castrados, 11,34% nos lotes mistos e 13,54% nos machos imunocastrados. Em relação ao descanso pré-abate, a menor frequência foi observada entre 6 e 8 horas (7,1%) e a maior entre 12 e 14 horas (16,4%). Machado *et al.* (2014) avaliaram 854 carcaças e encontraram frequência geral de 8,07% de carnes PSE. A ocorrência foi de 8,20% nos transportes de até 0,83 hora, 7,06% entre 0,84 e 1,66 hora e 25,0% nos períodos iguais ou superiores a 1,67 hora. Marzoque *et al.* (2020) avaliaram 725 carcaças transportadas por distâncias entre 25 e 427 km e observaram frequências entre 1% e 11% nos lotes em que o defeito foi identificado. A ocorrência foi de 11% entre 25 e 65 km, 0% para 320 km, 4% para 340 km e 1% para 427 km. Contudo, a ausência de repetição experimental, os tamanhos amostrais desiguais e a variação no tempo de descanso impediram estabelecer relação direta entre distância de transporte e ocorrência de PSE. Trevisan e Brum (2020) avaliaram 1.038 carcaças e identificaram 199 casos de PSE (19,17%). A frequência foi de 7,07% após períodos de descanso entre 4h e 1min e 7 horas, 32,38% entre 7h e 1min e 10 horas e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

40,00% entre 10h e 1min e 13 horas. Em relação ao transporte, a ocorrência foi de 15,71% em períodos de transporte entre 2h e 1min e 3 horas e atingiu 31,67% em períodos superiores a 4h e 1min. Souza *et al.* (2023) avaliaram 4.449 carcaças e identificaram 306 carcaças com características indicativas de PSE, correspondentes a uma frequência de 6,87%.

Nos estudos baseados na luminosidade, Maganhini *et al.* (2007) classificaram 946 lombos suínos e identificaram 22,83% de carnes PSE e 1,06% de DFD. O componente *a** não diferiu entre as categorias, enquanto *b** foi maior nas carnes PSE. Também foram verificadas correlações de *L** com pH24 (r = −0,46) e com *b** (r = 0,43). Simer (2015) avaliou 89 amostras e encontrou 14% de carnes PSE, 23% de DFD e 63% de carnes normais, além de correlações entre *L** e pH24 (r = −0,71) e entre *L** e *b** (r = 0,39; p ≤ 0,05).

Barbosa e Silva (2012) classificaram 862 carcaças provenientes de três frigoríficos pela escala visual de cor do NPPC. As frequências de carcaças com escore 2, correspondente à coloração rosa-pálida associada à condição PSE, foram de 2,7%, 10,6% e 12,3%. Esses valores resultaram em uma frequência conjunta calculada de aproximadamente 8,1%, não apresentada diretamente pelos autores.

Além dos nove levantamentos incluídos na revisão, Jacinto (2017) avaliou, durante seis dias de abate, 144 carcaças provenientes de 24 cargas comerciais. Foram mensurados o pH45 e o pH24 no músculo *Longissimus dorsi*, a luminosidade (*L**) após 24 horas de resfriamento e o percentual de quebra das carcaças, relacionado à perda de água durante o resfriamento. A classificação, baseada nos valores de pH e luminosidade, identificou 22 carcaças PSE (15,3%), 19 DFD (13,2%) e 103 normais (71,5%).

A ocorrência de carne PSE variou de 6,87% a 28,16% nos estudos baseados no pH45 e correspondeu a 14% e 22,83% naqueles baseados na luminosidade. Frequências superiores a 20% foram observadas por Culau *et al.* (1994) e Maganhini *et al.* (2007), enquanto Souza *et al.* (2023) observaram valor inferior a 10%. Esses resultados não demonstram necessariamente uma redução temporal do defeito, pois a heterogeneidade metodológica descrita anteriormente limita as comparações diretas e impede a obtenção de uma estimativa nacional padronizada.

4.4. Fatores associados à ocorrência de carne PSE nos levantamentos brasileiros

4.4.1. Transporte e condições de deslocamento dos animais

O transporte foi avaliado em cinco dos nove levantamentos brasileiros (55,6%). Nesses estudos, foram consideradas variáveis como a duração e a distância da viagem, o tempo de embarque, a velocidade do veículo, a densidade de carregamento e as condições estruturais dos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

caminhões (Barbosa; Silva, 2012; Machado *et al.*, 2014; Marzoque *et al.*, 2020; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

Barbosa e Silva (2012) avaliaram as condições de transporte, considerando a distância das granjas, as características dos veículos e o manejo durante o embarque e o desembarque. Embora não tenham relacionado diretamente o transporte à ocorrência de PSE ou DFD, os autores observaram diferenças nas condições de manejo e na qualidade da carne entre os estabelecimentos.

Quanto ao tempo de transporte, Machado *et al.* (2014) observaram incidência de PSE de 8,20% em viagens com duração ≤ 0,83 h, 7,06% entre 0,84 e 1,66 h e 25,0% em períodos ≥ 1,67 h, indicando maior risco em transportes prolongados. Resultados semelhantes foram observados por Trevisan e Brum (2020), que verificaram menor ocorrência em viagens com duração entre 2h e 1min e 3 horas (15,71%) e aumento para 31,67% em transportes superiores a 4h e 1min. Entretanto, Marzoque *et al.* (2020) observaram maior incidência em transportes de curta distância, com 11% de carcaças PSE entre 25 e 65 km. A frequência foi reduzida para 4% em 340 km e 1% em 427 km. Esses resultados demonstram que a duração isolada da viagem não explica completamente a ocorrência do defeito.

A distância de transporte também apresentou efeito variável. Souza *et al.* (2023), ao avaliarem 4.449 carcaças submetidas a distâncias entre 3,5 e 419 km, observaram influência significativa da distância sobre o pH45. As categorias de distância de até 100 km, de 101 a 200 km, de 201 a 300 km, de 301 a 400 km e acima de 400 km apresentaram valores médios de pH45 de 6,32; 6,27; 6,24; 6,30 e 6,31, respectivamente. O menor valor foi observado para animais transportados entre 201 e 300 km, enquanto as demais categorias apresentaram valores superiores. Entretanto, a distância não permaneceu como fator de risco independente na análise multivariada, indicando que seu efeito depende da associação com outras condições pré-abate.

Além do tempo e da distância, Machado *et al.* (2014) demonstraram que o tempo de embarque e a velocidade média do transporte influenciaram a ocorrência de PSE. Embarques inferiores a 1 hora aumentaram o risco (OR = 1,573), enquanto velocidades inferiores a 50 km/h estiveram associadas à maior probabilidade de ocorrência do defeito. Por outro lado, Souza *et al.* (2023) observaram efeito da densidade de carregamento sobre o pH45, com menores valores em animais transportados com densidade superior a 0,45 m²/animal (pH45 6,26) em comparação aos transportados com menor densidade (pH45 6,29), embora essa variável não tenha permanecido significativa na análise multivariada.

Embora não integre os nove levantamentos selecionados, Jacinto (2017) acompanhou 24 cargas comerciais e verificou que 17 viagens tiveram duração superior a 9 horas, condição

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

associada pela autora ao prolongamento do jejum e à ocorrência de carne DFD. Foram registrados sete animais mortos e 79 incapacitados, com menor frequência de incapacitação em viagens inferiores a 12 horas. Como o estudo foi realizado no inverno, com temperatura máxima de 24,8 °C, não foi observada influência aparente da temperatura. Por se tratar de um estudo observacional, os resultados não permitem estabelecer uma relação causal isolada entre o transporte e a qualidade da carne.

De forma geral, os resultados demonstram que o efeito do transporte sobre a ocorrência de carne PSE não pode ser explicado apenas pelo tempo ou pela distância percorrida, pois depende da interação entre diferentes condições de manejo.

4.4.2. Período de descanso e jejum pré-abate

O período de descanso pré-abate foi avaliado em quatro dos nove levantamentos brasileiros (44,4%) (Santiago *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014; Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023), enquanto o tempo de jejum foi investigado em dois estudos (22,2%) (Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023). Além do tempo de espera, Barbosa e Silva (2012) avaliaram aspectos relacionados às condições de manejo e à permanência dos animais no frigorífico, incluindo características das instalações, condições dos veículos, procedimentos de desembarque e práticas operacionais associadas ao bem-estar animal.

De maneira geral, períodos intermediários de descanso apresentaram menor ocorrência de carne PSE. Santiago *et al.* (2012) observaram menor incidência em períodos de descanso entre 6 e 8 horas (7,1%), enquanto períodos entre 2 e 4 horas e entre 12 e 14 horas apresentaram valores superiores (14,0% e 16,4%, respectivamente), considerando uma média geral de 10,06%. Trevisan e Brum (2020), avaliando 1.038 carcaças, verificaram menor ocorrência de PSE em períodos de descanso entre 4h e 1min e 7 horas (7,07%). Entretanto, períodos superiores apresentaram maiores frequências do defeito, com 32,38% entre 7h e 1min e 10 horas e 40,0% entre 10h e 1min e 13 horas.

Contudo, os efeitos do descanso não foram consistentes entre os estudos. Machado *et al.* (2014) observaram incidências de PSE de 1,63%, 4,33% e 2,10% para períodos de descanso entre 0 e 5 horas, entre 5,1 e 10 horas e superiores a 10 horas, respectivamente, embora a análise de regressão tenha indicado aumento de 24,7% na chance de ocorrência do defeito para períodos superiores a 6 horas (OR = 1,247). Souza *et al.* (2023) não observaram efeito independente do período de descanso sobre a ocorrência de PSE, apesar da variação dos períodos avaliados.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Trevisan e Brum (2020) observaram menor ocorrência de PSE nos períodos totais de jejum entre 14h e 1min e 17 horas (4,21%). Em contrapartida, períodos prolongados resultaram em maiores frequências, como 33,33% entre 17h e 1min e 20 horas e 28,33% entre 26h e 1min e 29 horas. Souza *et al.* (2023) verificaram que jejuns superiores a 24 horas estiveram associados a menores valores de pH45, com médias de 6,26 e 6,30 para jejuns superiores e inferiores a 24 horas, respectivamente. Além disso, jejuns superiores a 24 horas aumentaram em 1,41 vez a probabilidade de ocorrência de carne PSE (OR = 1,41).

Além dos levantamentos nacionais selecionados, Jacinto (2017) avaliou os efeitos do jejum e do descanso pré-abate. Das 24 cargas acompanhadas, em apenas cinco os animais permaneceram em jejum entre 12 e 24 horas; nas outras 19, o período de jejum ultrapassou 24 horas. O jejum prolongado foi associado à ocorrência de carne DFD, que não foi identificada nos lotes submetidos a jejum inferior a 24 horas. Para avaliar o descanso, foram comparados quatro lotes transportados à noite por aproximadamente 11 horas, submetidos a jejum inferior a 24 horas e a períodos de descanso de 0, 2h e 35min, 4h e 38min e 6h e 44min. Apenas um caso de PSE foi identificado nesses lotes, indicando que, nas condições avaliadas, o período de descanso não influenciou a ocorrência do defeito.

Assim, o descanso e o jejum devem ser avaliados conjuntamente, pois períodos insuficientes podem não permitir a recuperação adequada após o transporte, enquanto períodos excessivos podem favorecer a perda de peso, o consumo das reservas energéticas e alterações na dinâmica da glicólise pós-morte. Seus efeitos dependem da interação com outros fatores relacionados ao manejo pré-abate, como o transporte, a temperatura, o manejo dos animais e as condições das baias de espera (Trevisan; Brum, 2020; Souza *et al.*, 2023).

4.4.3. Características dos animais associadas à ocorrência de carne PSE

A influência do sexo e da categoria dos animais sobre a ocorrência de carne PSE foi avaliada em dois dos nove levantamentos brasileiros (22,2%) (Santiago *et al.*, 2012; Simer, 2015), enquanto Souza *et al.* (2023) investigaram a relação entre peso corporal e qualidade da carne.

Quanto ao sexo, Santiago *et al.* (2012) observaram incidência média de PSE de 10,06%, com ocorrência de 8,59% em fêmeas, 8,49% em machos castrados cirurgicamente, 13,54% em machos imunocastrados e 11,34% em lotes mistos. Os machos imunocastrados apresentaram a maior frequência, aproximadamente cinco pontos percentuais acima das frequências observadas em fêmeas e machos castrados, indicando possível maior suscetibilidade ao desenvolvimento do defeito nas condições avaliadas (Culau *et al.*, 2002; Bridi *et al.*, 2006).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Em relação à categoria animal, Simer (2015) avaliou matrizes suínas de descarte, com peso médio de aproximadamente 230 kg, e identificou 14% de carne PSE, 23% de DFD e 63% de carnes normais. As carnes PSE apresentaram pH45 médio de 5,59 e *L** de 53,88, enquanto as normais apresentaram pH45 de 5,78 e *L** de 48,55. O autor destacou que animais de maior idade e peso podem apresentar maior predisposição a alterações de qualidade, especialmente à condição DFD, devido às diferenças metabólicas em relação aos animais jovens em fase de terminação (Culau *et al.*, 2002; Bridi *et al.*, 2006).

Quanto ao peso corporal, Souza *et al.* (2023), ao avaliarem 4.449 carcaças de animais com peso vivo médio de 109,09 kg, observaram menores valores de pH45 em animais com peso superior a 120 kg, com média de 6,24, em comparação com os grupos de até 100 kg, de 101 a 110 kg e de 111 a 120 kg, que apresentaram valores médios de 6,32, 6,30 e 6,28, respectivamente. Entretanto, o peso não permaneceu como fator de risco independente na regressão logística, indicando que sua influência depende da interação com outros fatores pré-abate.

Assim, o sexo, a categoria e o peso corporal podem influenciar a qualidade da carne, mas seus efeitos dependem da interação entre a genética, a fisiologia e o manejo pré-abate.

4.4.4. Condições ambientais e temperatura das instalações pré-abate

As condições térmicas foram avaliadas em três dos nove levantamentos brasileiros (33,3%) (Santiago *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2023).

Santiago *et al.* (2012) observaram efeito da data de avaliação sobre a incidência de carne PSE, com variações nas condições ambientais entre os períodos analisados. As incidências foram de 8,41%, 12,07% e 10,62% nas três avaliações, associadas a índices de temperatura e umidade de 69,63, 61,34 e 69,24, respectivamente. A maior ocorrência de PSE (12,07%) foi observada no período com o menor índice de temperatura e umidade (61,34), indicando que as condições ambientais, isoladamente, não explicaram a ocorrência do defeito.

Souza *et al.* (2023) avaliaram o efeito da temperatura das baias de espera sobre a qualidade da carne e observaram menores valores de pH45 quando a temperatura média foi superior a 24 °C, com média de 6,27, em comparação com 6,29 quando a temperatura foi inferior a 24 °C, sendo essa diferença significativa. Além disso, temperaturas médias superiores a 24 °C aumentaram em 52% a chance de ocorrência de carne PSE (OR = 1,52).

Machado *et al.* (2014) identificaram influência significativa da temperatura da carcaça sobre a ocorrência de carne PSE em um modelo de regressão logística, juntamente com outros fatores pré-abate, como o tempo de embarque, a velocidade de transporte e o período de descanso. O modelo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

apresentou capacidade preditiva de 91,8%, indicando a importância da análise conjunta dos fatores associados ao desenvolvimento do defeito.

De forma geral, os resultados indicam que condições térmicas desfavoráveis podem favorecer a ocorrência de carne PSE por intensificarem o estresse fisiológico e alterarem a velocidade da glicólise pós-morte. Entretanto, seus efeitos dependem da interação com outros fatores, como o transporte, o descanso, a genética e as condições de manejo.

4.4.5. Influência genética na predisposição à carne PSE

Embora os nove levantamentos brasileiros incluídos nesta revisão tenham avaliado principalmente fatores de manejo pré-abate e parâmetros físico-químicos da carne, nenhum investigou diretamente a influência genética na ocorrência de PSE. Entretanto, estudos específicos demonstram a contribuição do gene *RYR1* (gene halotano) para a suscetibilidade ao defeito.

Culau *et al.* (2002) observaram forte associação entre o gene halotano e a ocorrência de carne PSE e verificaram que animais recessivos para a mutação apresentaram frequência de PSE de 85,71%, incluindo 42,85% de casos classificados como PSE extremo. Além disso, 51,43% das carnes PSE estavam associadas a animais portadores do gene halotano, evidenciando sua contribuição para a predisposição ao defeito. Bridi *et al.* (2006) também verificaram maior ocorrência de carne PSE em animais portadores do alelo halotano, com frequência de 33,3% em animais heterozigotos, enquanto nenhum animal livre da mutação apresentou o defeito. O estudo também identificou alterações em parâmetros como pH, cor e perdas de água. Angerami (2004) observou resultados semelhantes e demonstrou que animais portadores da mutação apresentaram maior valor de *L** e menor pH24, características associadas à maior suscetibilidade ao desenvolvimento de PSE. O genótipo recessivo apresentou *L** de 51,40, valor compatível com carne PSE segundo critérios de classificação utilizados no estudo.

De maneira geral, esses trabalhos demonstram que o gene halotano constitui um importante fator de predisposição à carne PSE, embora a manifestação do defeito dependa da interação entre os fatores genéticos, o manejo pré-abate e as condições ambientais.

4.4.6. Relação entre pH45, temperatura da carcaça e predisposição à carne PSE

Barbosa e Silva (2012), Marzoque *et al.* (2020) e Souza *et al.* (2023) avaliaram simultaneamente o pH45 e a temperatura da carcaça. Barbosa e Silva (2012) observaram menor pH e maior temperatura nas carnes PSE em comparação com as carnes normais. Marzoque *et al.* (2020) verificaram influência da distância de transporte sobre o pH45, mas não observaram efeito significativo sobre a temperatura da carcaça. Souza *et al.* (2023), ao avaliarem 4.449 carcaças, constataram que

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

49,78% apresentaram pH45 entre 6,18 e 6,49 e que 64,64% apresentaram temperatura entre 38,08 e 40,96 °C aos 45 minutos pós-abate. Além disso, 306 carcaças (6,87%) apresentaram pH45 < 5,90, sendo consideradas predispostas ao desenvolvimento de carne PSE. Os autores verificaram que distâncias de transporte entre 201 e 300 km estiveram associadas a maior temperatura e menor pH45, enquanto animais com peso superior a 120 kg apresentaram menor pH45 (6,26) e maior temperatura da carcaça (38,75 °C). O jejum superior a 24 horas também esteve associado à redução do pH45 e ao aumento da temperatura da carcaça, indicando que a combinação entre a rápida queda do pH e a elevada temperatura pós-abate favorece alterações proteicas relacionadas ao desenvolvimento da carne PSE.

4.5. Panorama geral da ocorrência de carne PSE no Brasil e implicações para a cadeia produtiva

A análise conjunta dos levantamentos evidencia ampla variação na ocorrência de carne PSE, decorrente não apenas das condições produtivas, mas também das diferenças entre critérios de classificação, músculos avaliados, momentos de mensuração e valores de corte. Essa heterogeneidade impede interpretar as variações observadas como uma tendência temporal e limita a obtenção de uma estimativa nacional diretamente comparável.

A identificação do defeito em estudos realizados em diferentes períodos demonstra que a carne PSE continua relevante para a cadeia produtiva. Sua ocorrência compromete a capacidade de retenção de água, o rendimento da carne *in natura* e o desempenho no processamento, ocasionando perdas de exsudato, menor aproveitamento industrial e prejuízos econômicos. Seu controle requer atuação integrada sobre transporte, jejum, descanso, condições térmicas, manejo dos animais e predisposição genética, associada ao monitoramento objetivo da qualidade da carne.

A concentração dos levantamentos nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e a ausência de estudos nas regiões Norte e Nordeste também limitam a compreensão da ocorrência do defeito no país. Dessa forma, são necessários levantamentos contínuos e multicêntricos, conduzidos com protocolos padronizados que associem pH45 a parâmetros confirmatórios, como pH24, luminosidade, perda de água e capacidade de retenção de água.

5. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Os levantamentos brasileiros identificaram frequências de carne PSE entre 6,87% e 28,16% nos estudos baseados no pH45 e de 14% a 22,83% naqueles fundamentados na luminosidade (*L**). Entretanto, as diferenças metodológicas e a limitada abrangência geográfica impedem comparações diretas e a determinação de uma estimativa nacional padronizada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os resultados indicam que a ocorrência do defeito está associada à interação entre manejo pré-abate, transporte, jejum, descanso, condições ambientais e características dos animais. Recomenda-se a realização de estudos multicêntricos e contínuos, com protocolos que combinem pH, cor e capacidade de retenção de água, além de fatores ambientais, genéticos e produtivos, para subsidiar estratégias mais eficientes de prevenção e controle da carne PSE no Brasil.

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Foram utilizadas as ferramentas de inteligência artificial generativa ChatGPT (OpenAI) e Claude (Anthropic) como apoio à elaboração de ilustrações, revisão gramatical, tradução e aprimoramento da clareza e organização textual do manuscrito. Todo o conteúdo produzido ou revisado com auxílio dessas ferramentas foi verificado pelos autores, que assumem integral responsabilidade pelo conteúdo final. As ferramentas não foram utilizadas para gerar ou modificar os dados analisados, nem foram incluídas como autoras.

REFERÊNCIAS

ANGERAMI, C. N. **Influência do genótipo, sexo e peso de abate na composição da carcaça e nas características de qualidade da carne suína**. 2004. 155 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. DOI: https://doi.org/10.11606/D.11.2004.tde-04052005-142730.

BARBOSA, A. S.; SILVA, T. J. P. Avaliação da qualidade da carne suína em relação às condições pré-abate e industrial em matadouros frigoríficos que comercializam no Rio de Janeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 248-258, 2012. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/avaliacao%20da%20qualidade%20da%20carne.pdf. Acesso em: 14 jul. 2026.

BRIDI, A. M. *et al.* Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700021.

CAZEDEY, H. P. *et al.* Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. **Ciência Rural**, v. 46, n. 12, p. 2241-2248, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160013.

CULAU, P. O. V. *et al.* Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Boletim Técnico da Associação Sul Brasileira das Indústrias de Produtores de Suínos**, Porto Alegre, 1994.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CULAU, P. O. V. *et al.* Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, supl. 2, p. 954-961, 2002. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400019.

GRANDIN, T. Auditing animal welfare at slaughter plants. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 56-65, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.022.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 194-204, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022.

JACINTO, J. S. **Influência do manejo pré-abate na qualidade da carne de suínos**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2781. Acesso em: 14 jul. 2026.

MACHADO, S. T. *et al.* Operação de transporte e tempo de descanso na incidência de carne PSE em suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1065-1071, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1065-1071.

MAGANHINI, M. B. *et al.* Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 69-72, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000500012.

MARZOQUE, H. J. *et al.* Evaluation of pH in swine carcasses regarding on the trasport distance of the animals: a case study. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e6379108893, 2020. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8893.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT; FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033**. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2024. DOI: https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en.

QU, D. *et al.* Development of class model based on blood biochemical parameters as a diagnostic tool of PSE meat. **Meat Science**, v. 128, p. 24-29, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.012.

SANTIAGO, J. C. *et al.* Incidência da carne PSE (pale, soft, exsudative) em suínos em razão do tempo de descanso pré-abate e sexo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1739-1746, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600045.

SIMER, P. **Incidência de carnes PSE (*Pale, Soft and Exudative*) e DFD (*Dark, Firm and Dry*) em lombo (*Longissimus dorsi*) de matrizes suínas de descarte**. 2015. 34 f. Monografia (Especialização em Gestão da Qualidade na Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão, Francisco Beltrão, 2015. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20109. Acesso em: 14 jul. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ŚMIECIŃSKA, K. *et al.* Slaughter value, meat quality, creatine kinase activity and cortisol levels in the blood serum of growing-finishing pigs slaughtered immediately after transport and after a rest period. **Polish Journal of Veterinary Sciences**, v. 14, n. 1, p. 47-54, 2011. DOI: https://doi.org/10.2478/v10181-011-0007-x.

SOUZA, P. F. A. D. *et al.* Pre slaughter factors in pigs on initial pH and temperature: a case study. **Ciência Rural**, v. 53, p. e20220678, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220678.
TORRES FILHO, R. D. A. *et al.* Classification of pork quality by hierarchical cluster analysis. **British Food Journal**, v. 120, n. 7, p. 1446-1456, 2018. DOI: https://doi.org/10.1108/bfj-10-2017-0589.

TREVISAN, L.; BRUM, J. S. Incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork meat in reason of extrinsic stress factors. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, p. e20190086, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190086.

VAN LAACK, R. L. J. M. *et al.* The measurement of light scattering and electrical conductivity for the prediction of PSE pig meat at various times post mortem. **Meat Science**, v. 29, n. 2, p. 141-151, 1991. DOI: https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90061-T.

WARNER, R. D.; KAUFFMAN, R. G.; GREASER, M. L. Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 339-352, 1997. DOI: https://doi.org/10.1016/s0309-1740(96)00116-7.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.